



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Keili Sikk

**ALPI RISTIKU (*Trifolium alpestre* L.) POPULATSIOONID  
EESTIS: STRESSIRIKAS ELU LEVIKUPIIRIL**

POPULATIONS OF PURPLE GLOBE CLOVER (*Trifolium alpestre* L.) IN ESTONIA:  
STRESSFUL LIFE ON THE EDGE OF DISTRIBUTION RANGE

Bakalaureusetöö

Loodusvarade kasutamise ja kaitse õppekava

Juhendaja(d) vanemteadur Lauri Laanisto  
PhD Karin Kaljund

Tartu 2017

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Keili Sikk		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Alpi ristiku ( <i>Trifolium alpestre</i> L.) populatsioonid Eestis: Stressirikas elu levikupiiril			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 17	Tabeleid: 2	Lisasid: 1
Osakond: PKI botaanika			
Uurimisvaldkond: botaanika			
Juhendaja(d): PhD Karin Kaljund			
Vanemteadur Lauri Laanisto			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017			
<p>Käesolevas töös uuritakse Eestis haruldase, oma areaali põhjapiiril elava liigi - alpi ristiku (<i>Trifolium alpestre</i> L.) populatsioone ning neid mõjutavaid ökoloogilisi tingimusi.</p> <p>Töö eesmärgiks on välja selgitada, millised ökoloogilised tegurid piiravad alpi ristiku levikut tema leviala põhjapiiril ja tekitavad Eestis leiduvatel populatsioonidel kõige enam stressi.</p> <p>Andmete kogumiseks uuriti kuut populatsiooni, mis asuvad Lääne-Saaremaal, Viidumäe looduskaitsealal ning selle lähistel. Populatsioonides mõõdeti taimede kõrgus, üldkatvus, liigirohkus ja kasvukoha valgustingimused. Igast populatsioonist võeti kakskümmend alpi ristiku võsu, mis herbariseeriti ning mõõdeti morfoloogilised tunnused – lehtede koguarv, õisikute arv, võsu kõrgus, leherootsude pikkus, lehelaba ning õisikute pikkus ja laius, lehe eripind. Andmestiku koostamisel ja andmete analüüsimisel kasutati programme MS Excel 2013 ja Statistica 8 (StatSoft 2007). Seoste uurimiseks rakendati lineaarset regressioonianalüüsi.</p> <p>Töö tulemustest selgub, et kehvad valgustingimused on peamine ökoloogiline tegur, mis piirab alpi ristiku levikut tema põhjapiiril ning tekitab kõige enam stressi. Ümbritsev taimestik töös uuritud populatsioone oluliselt ei mõjutanud. Selgub, et kehvades valgustingimustes on taimedel õhukesed lehed ja suur eripind. Võib väita, et valguse puudumine pärsib ka taimede paljunemist, kuna kehvades tingimustes suunab taim oma energia pigem valgusele eksponeerimisele kui sugulisele paljunemisele.</p>			
Märksõnad: alpi ristik, <i>Trifolium alpestre</i> , levikupiir, ökoloogiline tegur, valgustingimused			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Keili Sikk		Speciality: Management of natural resources	
Title: Populations of <i>Trifolium alpestre</i> in Estonia: stressful life on the edge of distribution range			
Pages: 41	Figures: 17	Tables: 2	Appendixes: 1
Department: PKI botany Field of research : botany Supervisors: PhD Karin Kaljund Senior Researcher Lauri Laanisto Place and date: Tartu 2017			
<p>In this bachelor thesis the populations of rare and protected species in Estonia – purple globe clover (<i>Trifolium alpestre</i> L.) is studied. This species grows in Estonia on the northern edge of its distribution area, and therefore it is both scientifically interesting and from the conservational point of view important to study its ecology.</p> <p>The aim of this thesis is to understand which ecological factors cause the most stress to the Estonian purple globe clover's populations on the edge of northern distribution range. What are the main limiting factors affecting the viability of its populations here.</p> <p>To collect the data, six populations located in Western-Saaremaa in Viidumäe Nature Reserve and around it were studied. In all the populations plant height, coverage, species abundance and light conditions of the habitat were measured. Out of every population, twenty individuals of purple globe clover were collected and herborized. Functional traits – total number of leaves and flowerheads, plant height, width of the petiole, width and length of the leaf and flowerhead and specific leaf area were measured later in the laboratory.</p> <p>For studying the relationships between continuous variables between different environmental factors and functional traits, linear regression analysis was used.</p> <p>Results show that the main limiting ecological factor, causing the most stress for purple globe clover, is insufficient light. Studied individuals weren't significantly affected by surrounding vegetation, but by poor light conditions (indicated by thin leaves and large specific leaf area), that probably inhibits the species' reproduction process.</p>			
Keywords: purple globe clover, <i>Trifolium alpestre</i> , distribution area, ecological factor, light conditions			

# Sisukord

SISSEJUHATUS .....	5
1. LEVIKUPIIR. LIIGID LEVIKUPIIRIL .....	7
2. FUNKTSIONAALSED TUNNUSED .....	9
2.1 Taime kõrgus .....	9
2.2 Lehe eripind (SLA) .....	10
2.3 Lehtede pindala .....	10
3. LIIGI LEVIK JA BIOLOOGIA .....	11
3.1 Liigi levik ja ökoloogia .....	11
3.2 Liigi morfoloogia ja bioloogia .....	13
4. MATERJAL JA METOODIKA .....	15
4.1 Uurimisalad .....	15
4.2 Mõõtmised populatsioonides .....	16
4.3 Mõõtmised laboris .....	16
4.4 Andmeanalüüs .....	17
5. TULEMUSED .....	18
5.1 Populatsioonide iseloomustus rohustu, valgustatuse ning uuritud tunnuste põhjal ...	18
5.2 Taimkatte ja valgustatuse seosed funktsionaalsete tunnustega .....	22
6. ARUTELU .....	33
KOKKUVÕTE .....	35
SUMMARY .....	36
KASUTATUD KIRJANDUS .....	37
LISAD .....	40
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta .....	41

## SISSEJUHATUS

Alpi ristik (*Trifolium alpestre* L.) on mitmeaastane rohhtaim, mis kasvab looduslikult Euroopa ida-, kesk- ja lõunaosas ning Kaukaasias. Eesti naabermaades esineb liiki harva Lätis, peamiselt riigi kaguosas. Leedu lõuna- ja idapiirkondades on liik juba tavaline ning sage.

Eestis on alpi ristik haruldane ning kuulub III kategooria kaitsealuste taimede hulka (Looduskaitseseadus, § 10 lg 4). Liik asub siin oma levila põhjapiiril, kasvades peamiselt vaid Saaremaa lääneosas.

Kuna alpi ristik kasvab Eestis oma levila põhjapiiril, siis võib arvata, et liigi siinsed populatsioonid on peavad taluma karmimaid ökoloogilisi tingimusi kui levila keskosas asuvad populatsioonid. Levila põhjapiiril asuvate liikide populatsioone mõjutavad mitmed kliimatilised, ökoloogilised ja demograafilised tegurid. Samuti on piiripealsetes ökoloogilistes tingimustes taimed rohkem stressis (Parsons 1991). On mitmeid näited, et äärealadel asuvad populatsioonid on hõredamalt asustatud, väiksemad ja madalama geneetilise mitmekesisusega kui levila keskosas asuvad populatsioonid. Seega on nad arvatavasti vähem elujõulised ning ohualtimad väljasuremisele (Abeli jt 2004).

Taimedel on väga palju erinevaid funktsionaalseid tunnuseid, mida on võimalik määrata, võrrelda ja leida seoseid isendi kohasusega. Töös uuritakse eelkõige neid tunnuseid, mis on oluliselt seotud abiootilise ja biootilise keskkonnaga ehk mille põhjal võib väita, kas taim on stressis. Antud töös on kõige enam keskkonnast sõltuvad tunnused taime kõrgus, lehe eripind ja lehtede pindala.

Käesoleva töö eesmärgiks on välja selgitada, millised ökoloogilised tegurid piiravad alpi ristiku levikut tema leviala põhjapiiril ja tekitavad Eestis leiduvatel populatsioonidel kõige enam stressi.

Töö koosneb kuuest peatükist. Esimeses peatükis seletatakse, mis on levikupiir ja miks on oluline levila piiril olevaid liike uurida, teine peatükk tutvustab taimede funktsionaalseid tunnuseid. Kolmandas peatükis keskendutakse uuritava taimeliigi - alpi ristiku (*Trifolium*

*alpestre* L.) levikule ja bioloogiaie. Neljas peatükk – materjal ja metoodika annab ülevaate uuritud populatsioonidest, kirjeldab populatsioonide uurimist nii välitöödel kui laboris ning näitab kuidas viidi läbi andmeanalüüs. Viiendas ja kuuendas peatükis esitatakse vastavalt tulemused ja arutelu.

Käesoleva töö valmimisel olid suureks abiks juhendajad PhD Karin Kaljund ja vanemteadur Lauri Laanisto. Samuti tänan dotsent Malle Lehte ja lektor Kaire Lannot, kes olid abiks välitööde läbiviimisel.

## 1. LEVIKUPIIR. LIIGID LEVIKUPIIRIL

Eluteadustes eristatakse liigi levila geograafilist ja ökoloogilist piiri (Hardie, Hutchings 2010). Igal taimeliigil on oma geograafiline piirkond, ehk looduslik levikuala, kus see liik kasvab. Liigi levikupiiri võib mõjutada geograafiline isolatsioon, mis on põhjustatud populatsioonide vahelistest tõketest, näiteks meri, mäed, orud jne. Levikupiiri mõjutavad ökoloogilised faktorid jaotuvad biotilisteks ja abiootilisteks keskkonnateguriteks. Biotilisteks teguriteks on organismide omavahelised suhted (nt konkurents, sümbioos) ning abiootilisteks elukeskkond (muld, vesi, õhk) ja kliimategurid (temperatuur, valgus jne). Levila piirid määravad koosmõjus teatud ökoloogiliste keskkonnateguritega ka evolutsioonilised faktorid, nagu liigi kohanemisevõime ja valik teatud omadustega isendite suunas (Hardie, Hutchings 2010).

Arvatakse, et levikupiiril olevad populatsioonid erinevad levila keskmesse jäävatest populatsioonidest, kuna kogevad karmimaid ökoloogilisi tingimusi (Csörgő jt 2010). Äärealadel asuvad populatsioonid on suure tõenäosusega hõredamalt asustatud, väiksemad ja madalama geneetilise mitmekesisusega kui levila keskel asuvad populatsioonid. Servaalade populatsioonid on arvatavasti vähem elujõulised ning ohualtimad väljasuremisele (Abeli jt 2004). Väiksemat geneetilist varieeruvust seletatakse korduvate pudelikaelaefektide ja asutajaefektiga, mis on tingitud jääaja ajaloolisest mõjust ning populatsioonide ebastabiilsusest rasketes keskkonnaoludes (Kull 2017). Pudelikaelaefekt on populatsiooni arvukuse järsk langemine, mistõttu jääb algse geenifondiga populatsioonist järele vaid mõni isend ning suure tõenäosusega muutub uue populatsiooni geenifond seeläbi, et lähevad kaduma haruldased alleelid. Asutajaefekti puhul populatsioon on moodustunud väga väikesest arvust isenditest, ning tõenäoliselt on uuel populatsioonil ka geneetiline mitmekesisus väike (Primack jt 2008).

Äärealade tingimustes on vähem sobivam või populatsiooni tuumikaladest erinev kasvukoht, mis on stressirohkem (Parsons 1991). Stressi tõttu võibki just neis paigus toimuda evolutsioon (Parsons 1991; Sexton jt 2009). Uute liikide teke ja olemasolevate liikide (ümber)kohastumine on servaalade populatsioonides tõenäolisem, kuna

piiripealsetes ökoloogilistes tingimustes võivad osutuda elujõulisteks teistsuguste omadustega või tuumikalas maha surutud erilise fenotüübiga isendid (Hampe ja Petit 2005).

Liikide levikupiiril asuvate populatsioonide uurimine on oluline, kuna see annab aimu, kuidas kulgeb levila laienemine või kitsenemine ning liigiteke. Erinevate barjääride tõttu on tavaliselt piiri ning levila põhiosa populatsioonide vahel geneetilise materjali vahetamine vähene või puudub see üldse, seepärast võivad levikupiiril paiknevad populatsioonid olla olulised elurikkuse ja endemismi tekkel (Limolino ja Channel 1995). Kuna levikupiiril olevad liigid on sageli piirialadel haruldased ja ohustatud, tuleks neid uurida ka lähtuvalt looduskaitselistest eesmärkidest. Uuringud annavad informatsiooni kuidas uuritavad populatsioonid on vastavas keskkonnas kohastunud. Sellest lähtuvalt saab rakendada erinevaid looduskaitselisi meetmeid ning planeerida looduskaitselisi tegevusi.



## 2. FUNKTSIONAALSED TUNNUSED

Taime funktsionaalsed tunnused kirjeldavad organismi bioloogilist aktiivsust, kuidas toimuvad liikidevahelised interaktsioonid (näiteks konkurents, kisklus, mutualism), samuti koosluste ja ökosüsteemide erinevaid tahke ja omadusi (McGill *et al.* 2006; Albert *et al.* 2011). Funktsionaalsete ehk kohastumisest lähtuvate tunnuste varieeruvus sõltub indiviide ümbritsevatest abiootilistest ja biootilistest tingimustest (Albert *et al.* 2011). Näiteks on võrreldud tunnuste erinevusi kooskasvavate taimeliikide vahel selleks, et selgitada liigirikkuse ja tunnuste varieeruvuse omavahelist seost erinevates keskkonnatingimustes (Prince *et al.* 2017).

Taimedel on väga palju erinevaid tunnuseid, mida on võimalik määrata ja võrrelda (Perez-Harguindeguy *et al.* 2013). Taime tervikuna iseloomustab näiteks tema kasvuvorm, klonaalsus, kõrgus, elukäik, õitsemise algusaeg, levikuviis jne. Kirjeldada võib ka tüve/võrse, samuti taime maa-aluseid ja taime levimisega seotud tunnuseid (juure sügavus, levise suurus, kuju,ne). Uurida saab veel lehe tunnuseid, milleks on lehe eripind (SLA), lehtede suurus, kuivainesisaldus, lehtede eluiga jne (Väljaots 2008). Järgnevalt kirjeldatakse antud tööd kõige enam uuritud funktsionaalseid tunnuseid.

### 2.1 Taime kõrgus

Cornelissen *et al.* (2003) defineerib taime kõrguse kui vähima vahemaa tipmise fotosünteesilise koe piiri ja maapinna vahel. Taime kõrgus on seotud tema viljakuse ja konkurentsivõimega (Diaz *et al.* 2016). Sealjuures on olulised ka lõivsuhted taime kõrguse ja taluvusvõime või keskkonnast tingitud (kliima- või toitainete) stressi vältimise vahel. Samas tuleb taimel stressitingimustes (näit. mittesobivad kliimatingimused, toitainete vaesus) leida kompromiss ressursside kõrguskasvu paigutamise ja ebasobivate tingimuste parimal viisil üleelamiseks.

Taime kõrgusel on positiivne seos teiste tunnustega nagu juurte sügavus, lehe suurus, biomass ja laiuskasv (Cornelissen *et al.* 2003).

## 2.2 Lehe eripind (SLA)

Lehe eripind (SLA – *specific leaf area*) on lehe ühe külje pindala jagatud lehe kuivmassiga (Wilson *et al.* 1999). Seda väljendatakse enamasti ühikutes  $\text{m}^2/\text{kg}$  või  $\text{mm}^2/\text{mg}$ . Lehe eripind võib olla väga varieeruv. Cornelissen *et al.* (2003) sõnul väljendab see taime fotosünteesilist võimekust. Suur ja õhuke leht on tüüpiline juhul, kui valgust on vähe ning taim püüab oma fotosünteesivat pinda maksimeerida. SLA on keskkonnast oluliselt sõltuv – ressursirikkas keskkonnas (palju valgust ja toitaineid) kasvavatel isenditel on enamasti suurem eripind kui isenditel, kes peavad ressursinappuse pärast stressi taluma. Kuid on teada, et mõnedel varjutaluvatel alusmetsaliikidel on samuti märkimisväärselt suur lehe eripind (Cornelissen *et al.* 2003). Madalama SLA väärtusega taimed suunavad oma energia pigem lehe kaitsesse (eriti struktuursesse kaitsesse) ning lehe kõrge eluea tagamisse (Cornelissen *et al.* 2003). Taimedel, millel lehti pole, kasutatakse eripinna määramiseks funktsionaalselt sarnast kudet, milleks on enamasti kloroplaste sisaldav vars (Weiher *et al.* 1999).

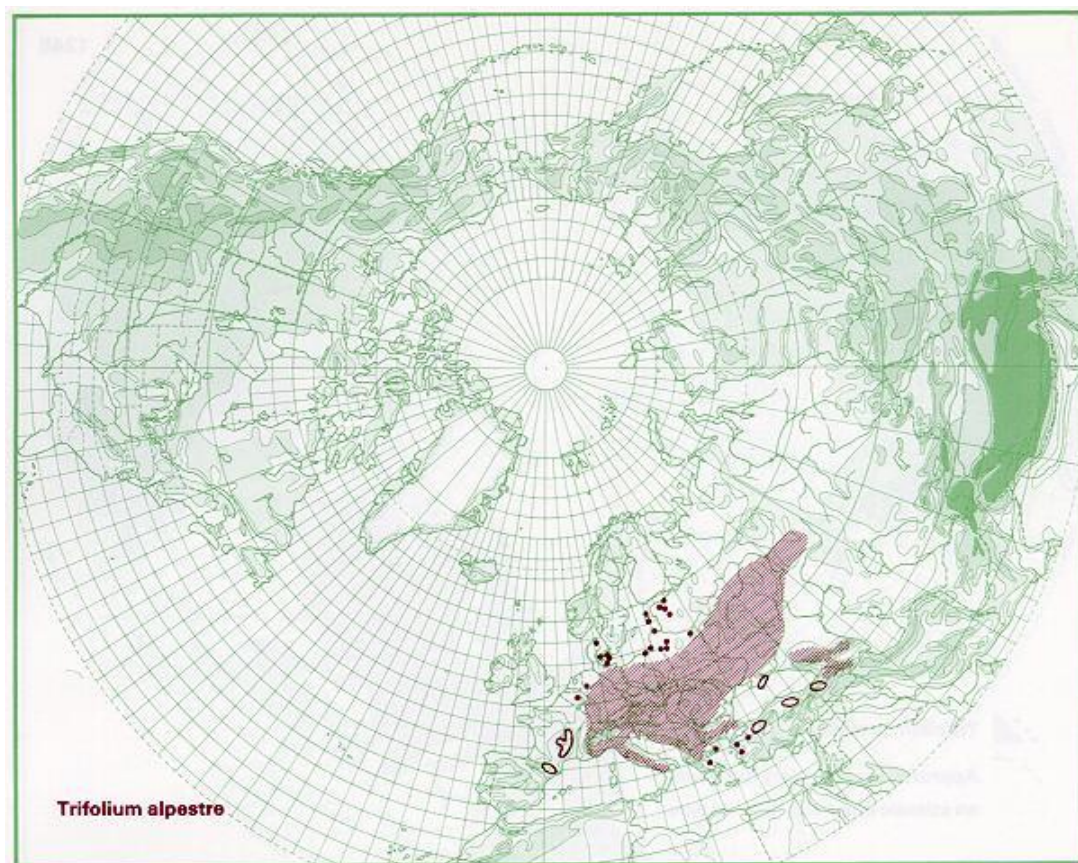
## 2.3 Lehtede pindala

Taime lehtede pindala mõjutab oluliselt lehe energia- ja vee tasakaalu. Taim reageerib lehe suurusega toitainestressile ning häiringutele. Näiteks on lehed on küllaltki väikese pindalaga juhul, kui taimedel on kuuma-, külma-, põua- või kiirgusestress. Oluline funktsionaalne tunnus on ka lehtede puudumine, mille korral arvestatakse lehe suuruseks 0 (Cornelissen *et al.* 2003).

### 3. LIIGI LEVIK JA BIOLOOGIA

#### 3.1 Liigi levik ja ökoloogia

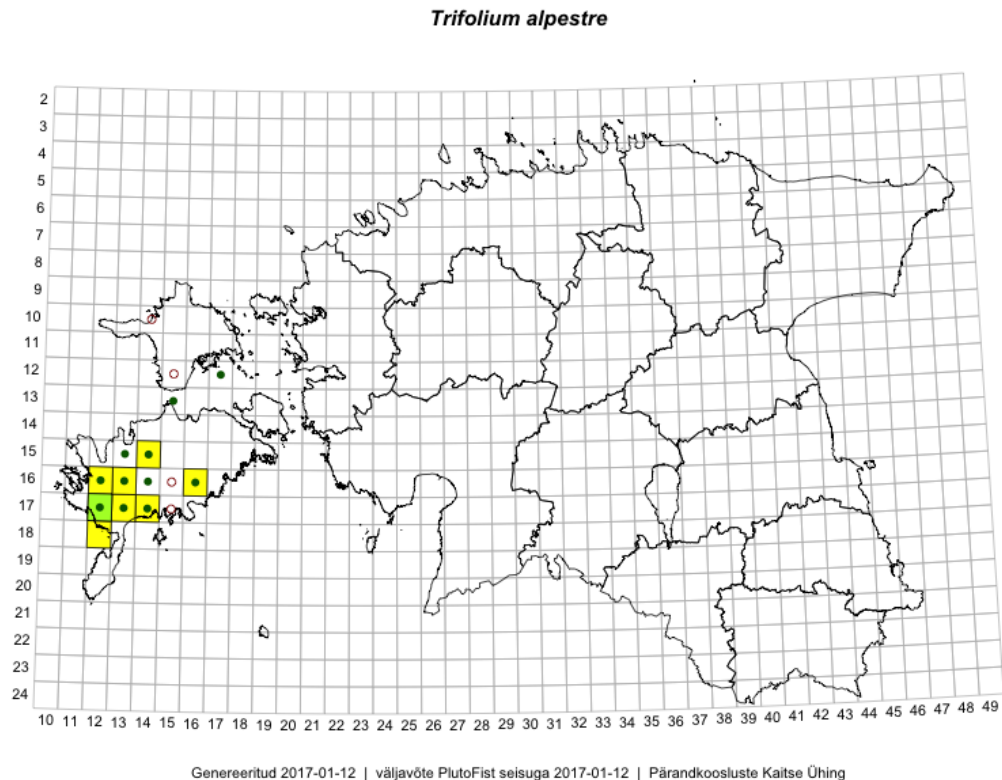
Alpi ristiku (*Trifolium alpestre* L.) looduslik leviala on Euroopa ida-, kesk- ja lõunaosa (Krimmi poolsaare mägede rajoon) ning Kaukaasia (vt joonis 1). Leviala ulatub mäestikes kuni subalpiinse regioonini. Alpides esineb kuni 2500 m kõrgusastmeni (Lauber jt 2012). Põhjapiiril ulatub liigi levik Eestisse ning Taani (Coombe 1968). Alljärgnevalt kaardilt on näha, alpi ristikul on küllaltki fragmenteerunud levikuala. Levikulaigud paiknevad leviku tuummassiivist nii lõunas kui ka läänes (vt joonis 1).



**Joonis 1.** Alpi ristiku (*Trifolium alpestre* L.) levik maailmas (Hultén ja Fries 1986)

Lätis esineb liiki harva, peamiselt riigi kaguosas. Leedus pole alpi ristik enam haruldane ning lõuna- ja idapiirkondades on liik juba sagedasem ja tavalisem (Tabaka jt 1996).

Eestis kohtub alpi ristikut väga harva, kuna asub siin oma levila põhjapiiril (vt joonis 1). Leida võib teda ainult Saaremaal (Kukk 1999) (vt joonis 2). Alpi ristik on Eestis III kategooria kaitsealune liik, mida ohustavad metsamajanduslik tegevus ning ehitustegevus. Potentsiaalseteks ohuteguriteks on veel tallamine, niitude, karjamaade ja avamaade võsastumine niitmise ja/või karjatamise katkemisel (eElurikkus 2017).



**Joonis 2.** Alpi ristiku levik Eestis (Eesti taimede uue levikuatlase tööversioon 2017). Täisringid tähistavad leide aastatest 1971-2005. Tühjad ringid tähistavad leide enne 1970. aastat. Kaasaegsed leiud (aastad 2014-2016) on 8 ruudus (halliga tähistatud).

Alpi ristik kasvab kuivades, toitainetevaestes ja poolvarjulistes kasvukohtades, niisketelt aladelt teda ei leia. Sobivaimateks kasvukohtadeks on kuivad tammesegametsad, metsaservad ja kuivad niidud (Rothmaler 2011). Kasvab ka kinkudel, nõlvadel, kuivadel puisniitudel ja raiesmikkudel. Taim on nõudlik soojuste ja kuivuse suhtes ning väldib kultuuristatud alasid (Eichwald jt 1959). Mulla happesuse suhtes eelistab kasvada neutraalsel kuni nõrgalt happelisel pinnasel (Rothmaler 2011).

### 3.2 Liigi morfoloogia ja bioloogia

Alpi ristik on mitmeaastane rohttaim. Tal on tugev juur, mis on sageli maa-aluste võsunditega (Eichwald jt 1959). Peajuur on püsiv ja annab külgharusid (Rothmaler 2011). Varred asetsevad mitmekaupana, on püstised või alusel tõusvad, harunemata, tugevad ning lidus karvadega, eriti tipmises osas. Varre pikkus jääb vahemikku 20-50 cm (Eichwald jt 1959).

Lehed on kolmetised, lehekesed lineaalsed, nahkjad ja ühtlaselt tumerohelised (eElurikkus 2017). Lehekesed asetsevad lühikestel rootsukestel, on süstjad või kitsas-elliptilised, 2-6 cm pikkused ja 0,6-1,2 (1,5) cm laiused, teritunud tipuga, korrapäraselt hambulise servaga, külgedelt enam või vähem tihedalt karvased, eriti alumisel küljel. Lehed on teravalt esile ulatuvate külgsuunetega. Abilehed on taimel süstjad, karvased ning enam kui pooleni oma pikkusest leherootsuga kokku kasvanud (Talts 1966). Abilehtede pikkus on kuni 5 cm. Ülemises ehk vabas osas on nad naaskeljad, ripsmelise servaga. Leherootsud on karvased, ülemised rootsud alumistest lühemad (Eichwald jt 1959).

Alpi ristik õitseb Eestis juunist juulini (Eichwald jt 1959). Õied on tumelillakaspunased (eElurikkus 2017). Õied asetsevad väga lühikestel raagudel, 60-100 (120) kaupa tihedates nuttides ehk peajates õisikutes (vt joonis 3). Õisikud on 3-5 cm pikad, üksikult või kahekaupa varte tipul ja on alusel ümbritsetud kõrglehtedest kattega. Õie tupp on taimel karvane, 20 soonelise, kahvatu, neelu kohal tiheda karvaringiga. Tupp on lõhestunud naaskeljateks, ripsmelise servaga hammasteks. Tupehammastest alumine on teistest umbes viis korda ja tupeputkeosast kaks korda pikem. Tupeputk on kuni 6 mm pikkune. Alpi ristikulillakaspunane kroon on tumedam, võrreldes seda kahe sarnase liigiga: aasristiku (*Trifolium pratense*) ja keskmise ristikuga (*Trifolium medium*). Kroon kuni 1,5 cm pikk, kuni kahe kolmandikuni putkena kokku kasvanud (Eichwald jt 1959).

Puri on vabas osas munajas, pisut pikem kui tiivad ja laevuke. Kaunad ümardunult munajas, kilejad ning ühe seemnega. Seemned on ovaalsed, värvuselt pruunikad (Eichwald jt 1959).



**Joonis 3.** Alpi ristiku (*Trifolium alpestre* L.) õisik (autor K. Kaljund)

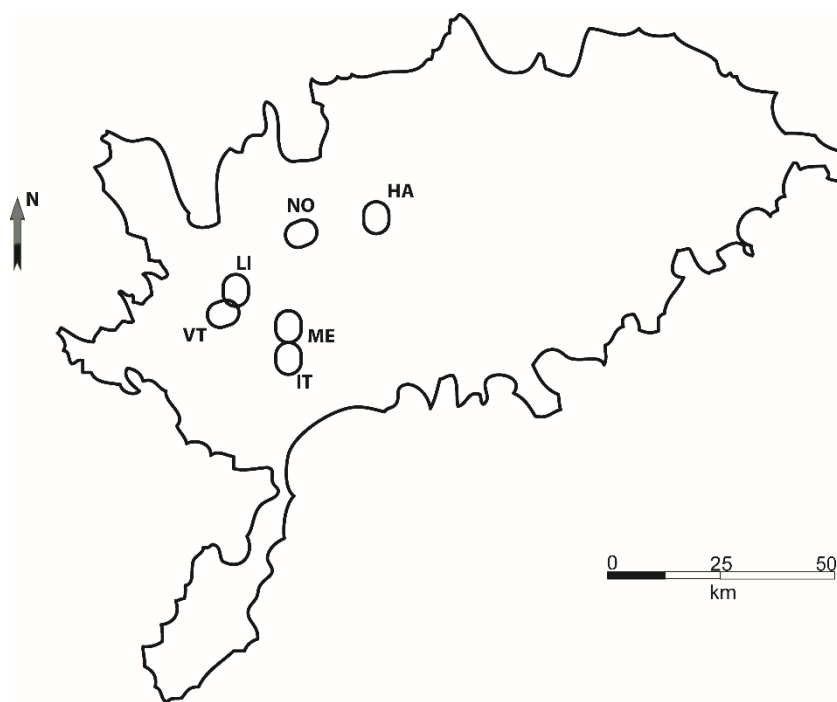
Alpi ristik ei ole isetolmleja (Kaljund jt, käsikiri) ning vajab risttolmlemiseks putukaid. Võimalikeks tolmeldajateks on peetud liblikaid (Rothmaler 2011), kuid peamised tolmeldajad on siiski kimalased, nagu ka teistel perekond ristik liikidel. Liik paljuneb vegetatiivselt risoomidega ning sugulisel teel seemnetega. Seemnete peamiseks levimisviisiks peetakse loomlevi, tuullevi võib pidada harvaks ning juhuslikuks (Rothmaler 2011). Kuid enamasti langevad seemned maha emataime lähimasse ümbrusesse. On leitud, et alpi ristiku Eesti populatsioonides on seemneline paljunemine üsna vähene, ühel võsul moodustub keskmiselt 1,5-2,4 seemet. Peamiselt levib liik vegetatiivselt ja üks isend (kloon) võib hõivata populatsioonis ulatusliku ala (Kaljund jt, käsikiri).



## 4. MATERJAL JA METOODIKA

### 4.1 Uurimisalad

Andmete kogumiseks tehti välitöid 2016. aasta 12-14 juulil. Tööd teostati kuues populatsioonis, mis asuvad Lääne-Saaremaal, Viidumäe looduskaitsealal ning selle lähistel. Populatsioonid nimetati lühenditega vastavalt kohale ja maamärkidele. Viidumäe looduskaitsealal uuriti nelja populatsiooni. Neist asusid lähestikku, üksteisest ca 180 m kaugusel populatsioonid nimetustega IT (infotahvli vastas) ja ME (metsatee). Teine lähestikku asetsev populatsioonide paar oli LI (liinide alune) ja VT (Viidumäe tee), üksteisest vaid ca 15 meetri kaugusel. Viies ja kuues populatsioon, lühenditega NO ja HA, asusid Viidumäe looduskaitsealast eemal (vt Joonis 3). Nõmpa (NO) paikneb Viidumäe LKA-st ligikaudu 20 km kaugusel ning Hakjalast (HA) looduskaitsealale on ligikaudu 40 km.



**Joonis 4.** Populatsioonide kaart

Populatsioonid asuvad Viidumäele iseloomulikus tamme alusmetsaga hõredas männikus, mida peetakse jäänukkoosluseks soojemast atlantilisest kliimaperioodist ning palumetsas, paiknedes peamiselt metsateede servades. Valgemates kohtades kasvavad taimed ka kaugemal metsa all. Taimkate metsatee servades on küllaltki tihe ning liigirikas.

Valgustingimused varieeruvad populatsioonides sõltuvalt puurinde katvusest. Populatsioonis HA kasvavad puud üsna hõredalt, valgus pääseb kenasti läbi võrade. Sellistes kohtades kasvas alusrindes rohkesti kadakat. Populatsioon LI (e liinialune) asub elektriliini all, mis tähendab, et ala on lagedaks raiutud ja valgusküllane. Seal kasvavad samuti kadakad ning väiksed tammed. Tihedama puistuga kohtades (populatsioonid NO, IT, ME ja VT) võib lisaks tammele näha alusmetsas sirgumas veel harilikku vahtrat, h. pärna, h. tärnpuud ja h. pihlakat.

## **4.2 Mõõtmised populatsioonides**

Igas populatsioonis tehti kahekümnes 1m<sup>2</sup> prooviruudus taimkatte kirjeldus. Ruudud paiknesid üksteisest vähemalt 5 m kaugusel. Iga ruudu keskelt võeti alpi ristiku võsu, mis herbariseeriti ning millel mõõdeti morfoloogilised tunnused. Taimeruutudes määrati kõik seal kasvavad liigid. Ruutudes mõõdeti ja hinnati taimede keskmine kõrgus, üldkatvus ning GPSga määrati ruudu asukoha koordinaadid. Keskmine kõrgus mõõdeti mõõdulindiga (cm), taimeliikide üldkatvust (%) ruudus hinnati silma järgi ning katvus (%) määrati ka iga taimeliigi kohta eraldi.

Valgustingimuste hindamiseks tehti iga taimeruudu kohalt peegelkaameraga Canon EOS6D poolsfäärilised fotod, kasutades kalasilm-objektiivi Raynox DCR-CF185PRO. Fotod tehti maapinnast umbes 1 m kõrguselt. Kasutades WINSCANOPY tarkvara (Regent Instruments Inc. 1996 - 2014), arvutati fotode põhjal valgustatus (gap fraction, %) iga taimeruudu kohal. Fotode analüüsimisel määrati taeva ning võrade värvitoonid ning arvutati valgustatus jagades pikslid, mis on klassifitseeritud kui taevas, kõigi pikslitega analüüsitava fotol. Valgustatuse protsendi saamiseks korrutati tulemus sajaga. Saadud väärtused näitavad taimeruuduni jõudva ning fotosünteesiks sobiliku valguse hulka terve vegetatsiooniperioodi vältel.

## **4.3 Mõõtmised laboris**

Herbariseeritud taimedel loeti üle lehtede koguarv ja õisikute arv. Joonlauaga mõõdeti varre pikkus, õisiku kõrgus ja laius sentimeetrites. Kuna ristikul on lehed kolmetised,



mõõdeti ära iga lehekese kohta eraldi lehelaba pikkus, lehelaba suurim laius ning leherootsu pikkus. Lehtede, õisikute ja varte pindala ning nende alusel kogupindala leidmiseks tuli taimed skaneerida. Selleks eraldati teineteisest kõik funktsionaalsed taimeosad (vars, lehed, õied) ning paigutati skannerile (Canon Lide 100). Saadud skaneeringud salvestati ühevärvilise pildina millelt mõõdeti eraldi iga taimeosa pindala, kasutades selleks pikslite kokkulugemise metoodikat. Kõik skaneeringud tehti seetõttu täpselt ühesuurused ning absoluutse pindala arvutamiseks kasutati teadaoleva pindalaga „kalibratsiooniruudukest“. Lehtede, varte ja õisikute mass (g) kaaluti täppiskaaluga (PB303 DeltaRange) eelnevalt toatemperatuuril kuivatatud isenditel. Lähtuvalt lehtede pindala ja kaaluandmetest arvutati iga mõõdetud isendi kohta tema lehe eripind – lehtede pindala jagatud nende kuivmassiga (Garnier jt 2001).

#### **4.4 Andmeanalüüs**

Andmestiku koostamisel ja andmete analüüsimisel kasutati programme MS Excel 2013 ja Statistica 8 (StatSoft 2007). Seoste uurimiseks rakendati lineaarset regressioonianalüüsi.

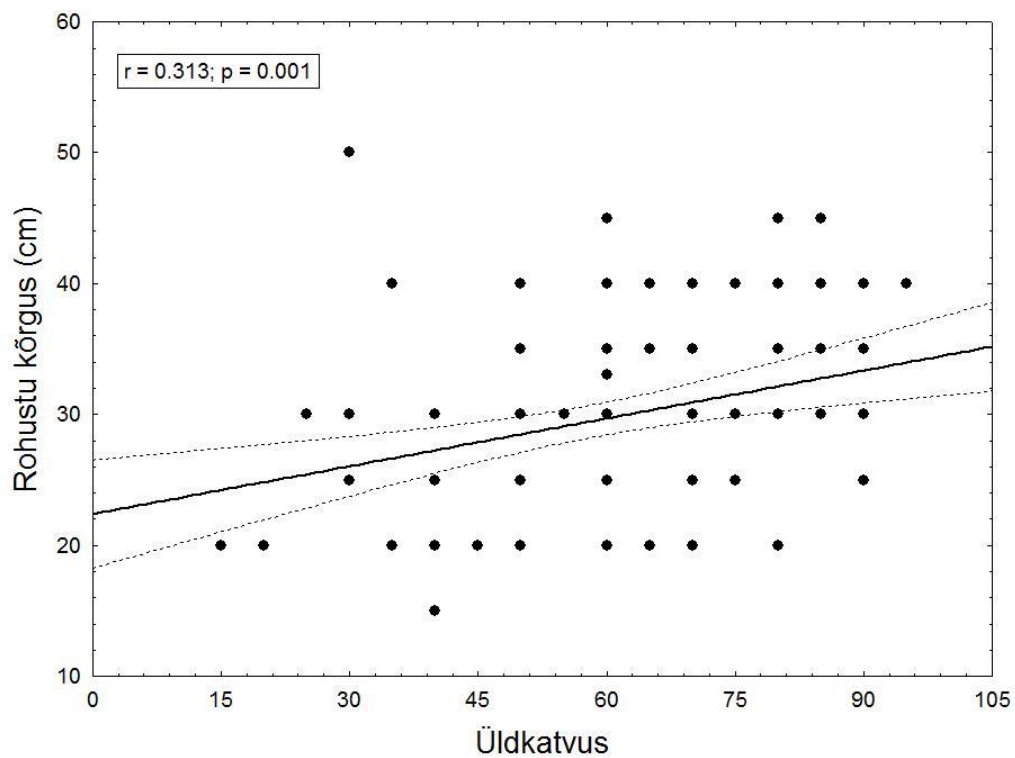
## 5. TULEMUSED

### 5.1 Populatsioonide iseloomustus rohustu, valgustatuse ning uuritud tunnuste põhjal

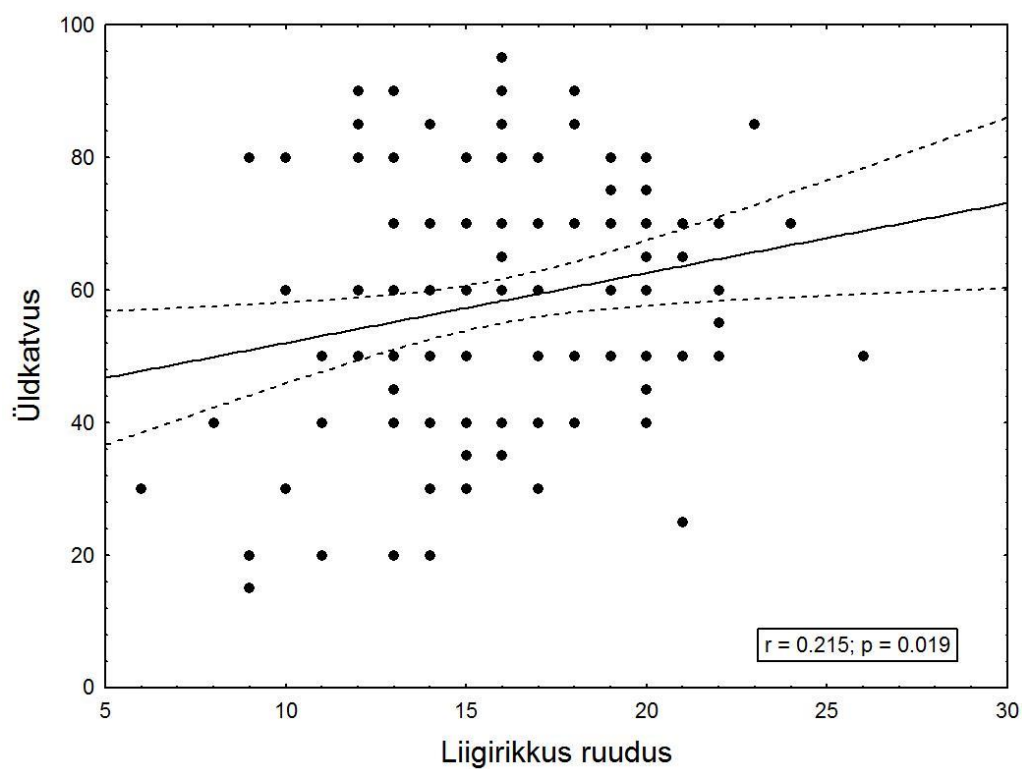
Keskmine rohustu kõrgus uuritud populatsioonides jäi vahemikku 26 kuni 31 cm (Tabel 1). Taimede katvus varieerus 50-st kuni 64 protsendini. Rohustu katvus on seotud rohustu kõrgusega, ehk mida suurem on ruudu üldkatvus, seda kõrgem rohustu seal on ( $r=0,313$ ;  $p=0,001$ ) (joonis 5). Populatsioonide liigifond (liikide koguarv prooviruutudes) varieerus 50-st kuni 82 liigini, mis on positiivses seoses prooviruudu üldkatvusega ( $r=0,215$ ;  $p=0,019$ ) (vt joonis 6). Keskmine valgustatus populatsioonides jäi vahemikku 14 kuni 29 protsenti.

**Tabel 1.** Populatsioonide asukoht ja neid iseloomustavad taimestiku ning valgustingimuste keskmised väärtused arvatuna igas populatsioonis tehtud 20 taimeruudu põhjal, välja arvatud liigifond, mis koondab endas igast uuritud populatsioonist leitud liikide koguarvu

Populatsioon	Asukoht	Rohustu kõrgus (cm)	Rohustu katvus (%)	Liigifond	Valgustatus (%)
IT	Viidumäe LKA	30	60	71	14
ME	Viidumäe LKA	30	64	69	19
LI	Viidumäe LKA	30	59	50	24
VT	Viidumäe LKA	31	56	82	15
HA	Hakjala	26	50	71	29
NO	Nõmpa	31	61	57	19



**Joonis 5.** Rohustu kõrguse ja üldkatvuse vaheline seos kõikides uuritud populatsioonides. Iga punkt tähistab ühte isendit; pidevjoon regressioonisirget; ja katkendjooned 95% usalduspiirid



**Joonis 6.** Ruudu liigirikkuse seos üldkatvusega kõikides populatsioonides (vt ka joonist 5)

Tabel 2 kirjeldab uuritud populatsioonides mõõdetud tunnuste keskmisi väärtusi, milleks on võsu kõrgus, lehtede koguarv, õisikute arv, lehelaba ja leherootsu pikkus ning lehelaba laius. Lehelaba pikkus jäi vahemikku 3,0 kuni 3,5 cm, keskmine laius varieerus vähe- 0,6- kuni 0,7 cm. Leherootsu pikkus varieerus 3,1-st kuni 4,0 cm-ni.

Tabelis on välja toodud nii lehtede, varte ja õisikute mass, kui ka taimede kogumass. Lehtede ja varte massi võrdluses erinevust ei leitud - keskmine väärtus oli 0,2 g. Õisikute mass jäi vahemikku 0,1-0,2 g.

Mõõdeti ka lehtede, õisikute ja varte pindala ning leiti kogupindala. Lehtede pindala varieerus vastavalt 22,2-st kuni 28,5 cm<sup>2</sup>-ni, õisikutel 2,4-st 4,5 cm<sup>2</sup>-ni ning varte pindala jäi vahemikku 5,2-8,5 cm<sup>2</sup>.

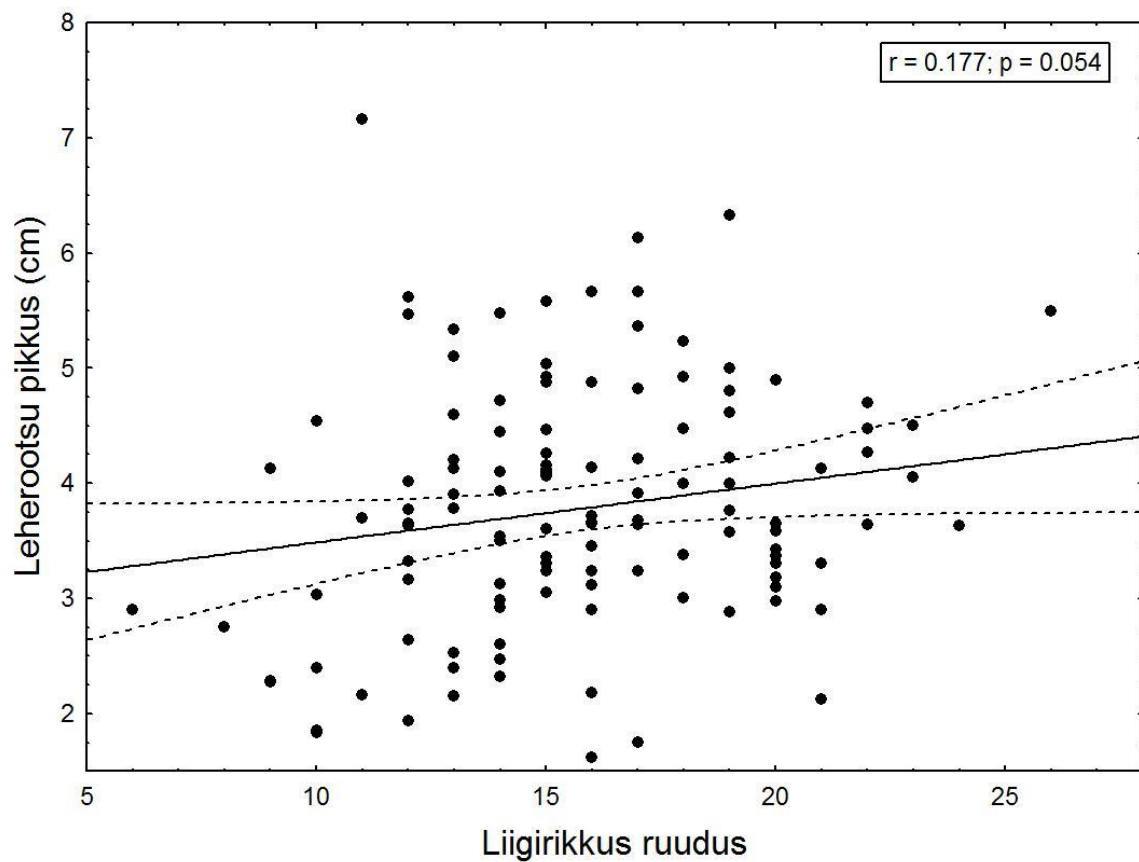
Taime fotosünteesilise võimekuse hindamiseks on välja toodud SLA ehk lehe eripind (lehe pindala jagatud lehe biomassiga). SLA jäi vahemikku 120,3 kuni 160,5 mm<sup>2</sup>/mg.

**Tabel 2.** Alpi ristikul mõõdetud tunnuste keskmised väärtused uuritud populatsioonides

Populatsioon	Võsu kõrgus (cm)	Lehtede arv	Õisikute arv	Lehe pikkus (cm)	Lehe laius (cm)	Leherootsu pikkus (cm)	Kogumass (g)	Lehtede mass (g)	Varte mass (g)	Õisikute mass (g)	Kogupindala (cm <sup>2</sup> )	Lehtede pindala (cm <sup>2</sup> )	Õisikute pindala (cm <sup>2</sup> )
IT	19	4	1	3,3	0,7	3,9	0,5	0,2	0,2	0,1	33,4	24,9	3,3
ME	17	5	1	3,4	0,7	3,9	0,5	0,2	0,2	0,1	33,4	24,9	2,8
LI	16	6	1	3,0	0,6	4,0	0,6	0,2	0,2	0,2	35,7	26,1	3,6
VT	14	5	1	3,2	0,7	4,0	0,5	0,2	0,2	0,1	34,5	26,7	2,4
HA	13	4	1	3,2	0,7	3,1	0,6	0,2	0,2	0,2	35,3	22,2	4,5
NO	15,7	5	1	3,5	0,7	3,8	0,5	0,2	0,2	0,1	37,9	28,5	3,6

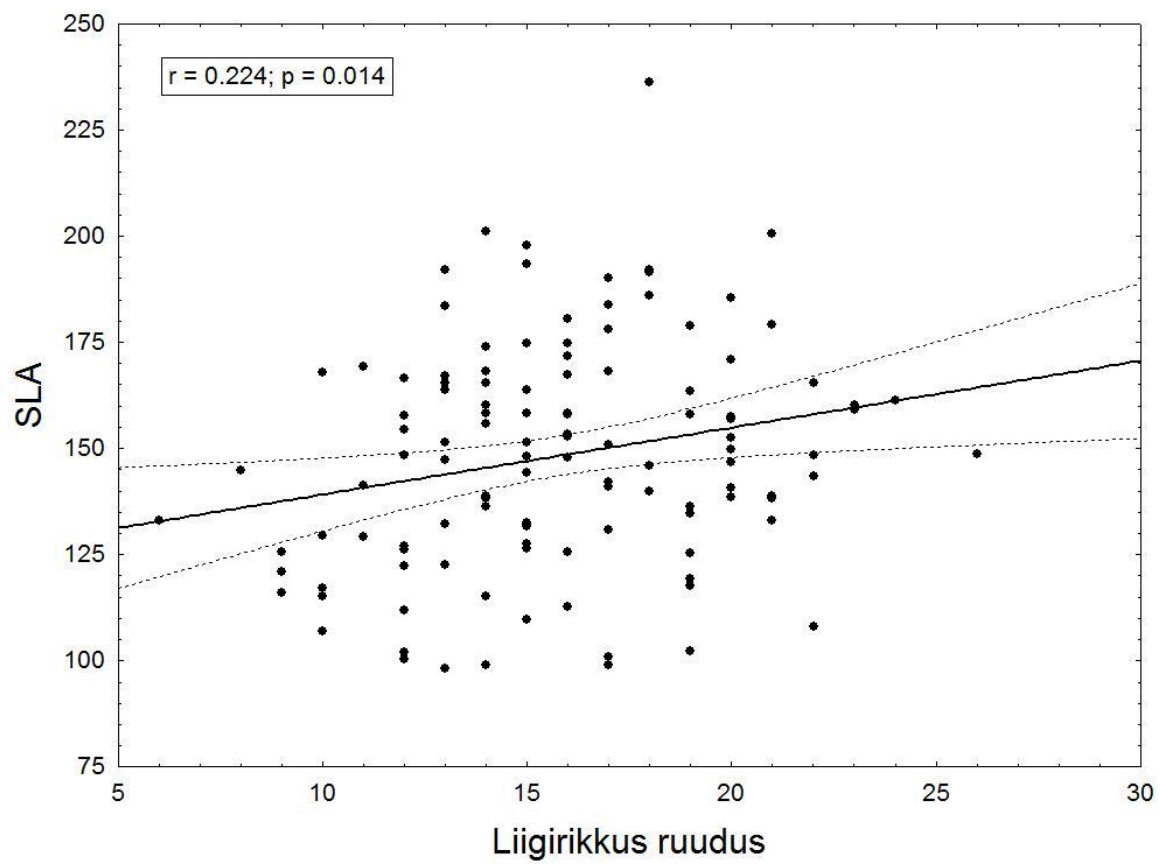
## 5.2 Taimkatte ja valgustatuse seosed funktsionaalsete tunnustega

Joonisel 7 on näidatud ruudu liigirikkuse seos alpi ristiku leherootsu pikkusega. Selgus, et mida liigirikkam on ruut, seda pikemad on taimede leherootsud ( $r=0,177$ ;  $p=0,054$ ).



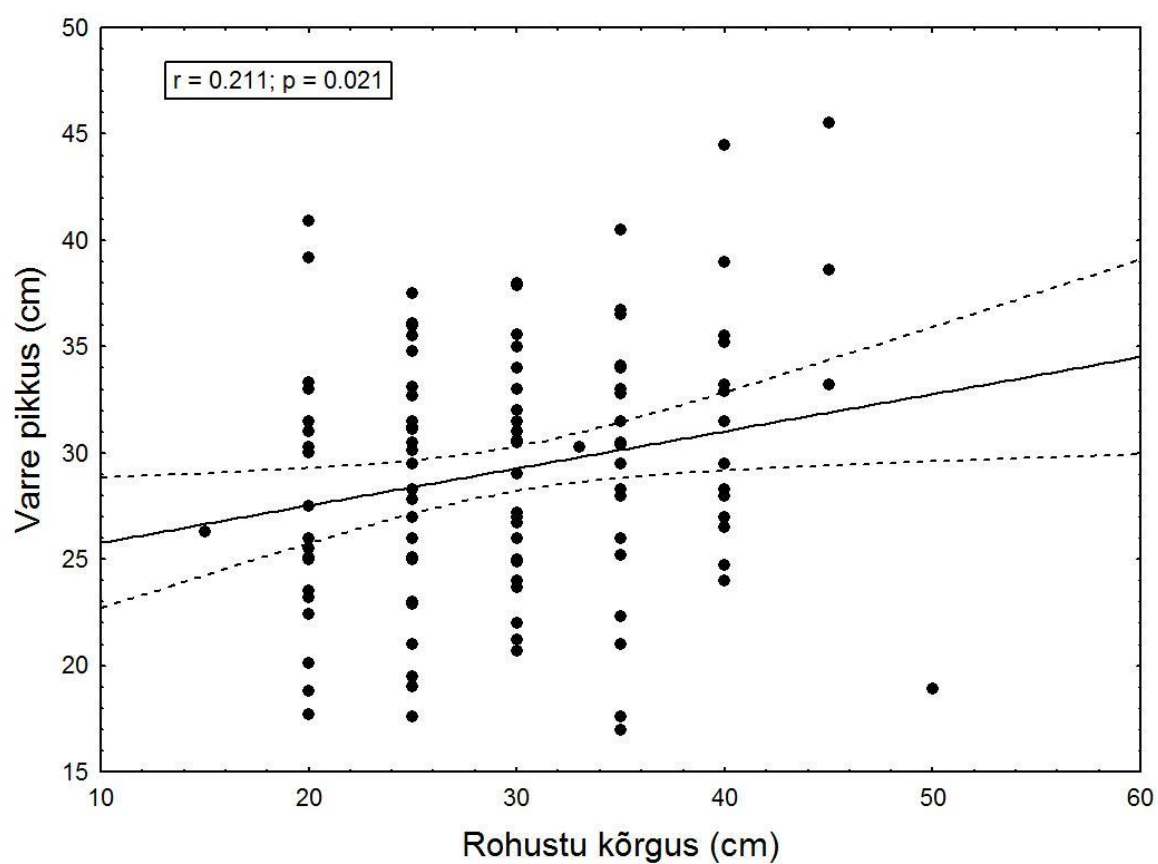
**Joonis 7.** Ruudu liigirikkuse seos leherootsu pikkusega (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Seos lehe eripinna (SLA) ja ruudu liigirikkuse vahel (joonis 8) näitab, et lehe eripind on ruudu liigirikkusega nõrgas seoses ( $r=0,224$ ;  $p=0,014$ ).



**Joonis 8.** Ruudu liigirikkuse ja lehe eripinna vaheline seos (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

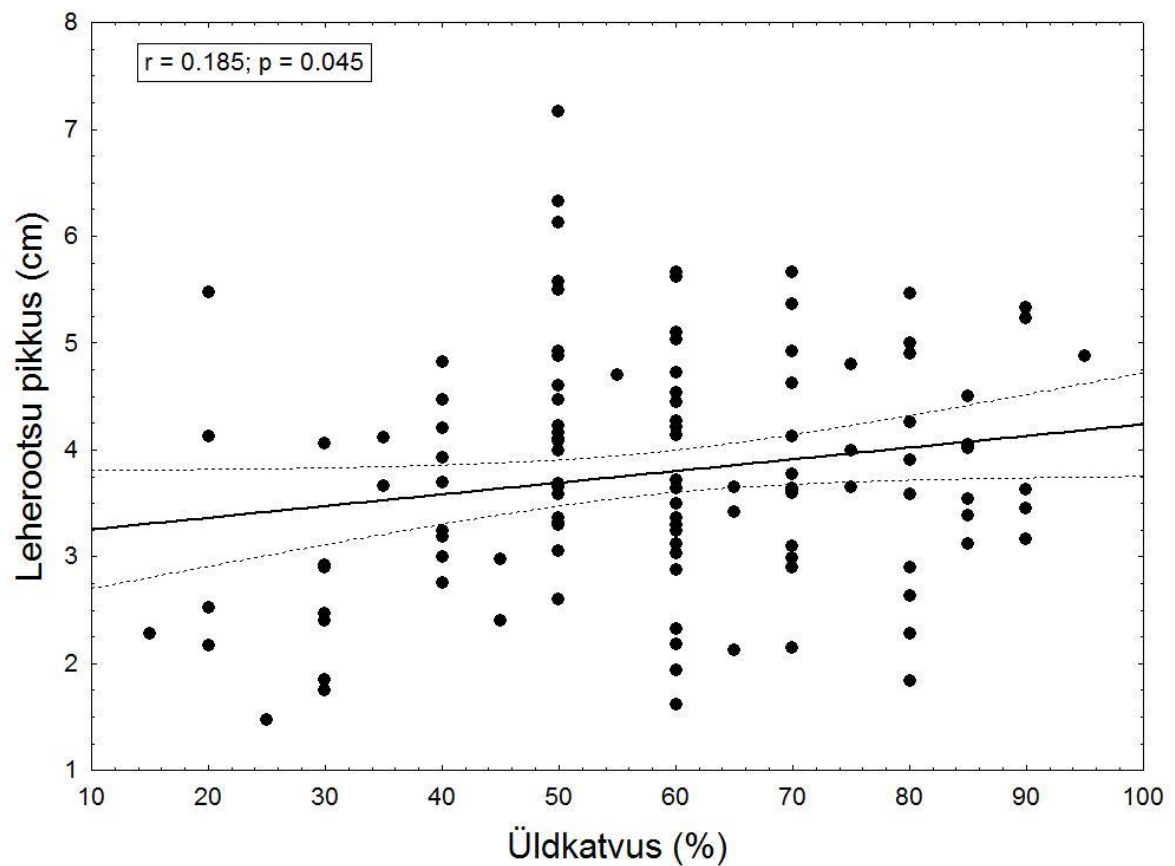
Joonisel 9 on välja toodud varre pikkuse ja rohustu kõrguse vahel olev seos. Ootuspäraselt on alpi ristikud kõrgemad neis ruutudes, kus taimkate on keskeltläbi kõrgem ( $r=0,211$ ;  $p=0,021$ ).



**Joonis 9.** Rohustu kõrguse ja varre pikkuse vaheline seos. (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

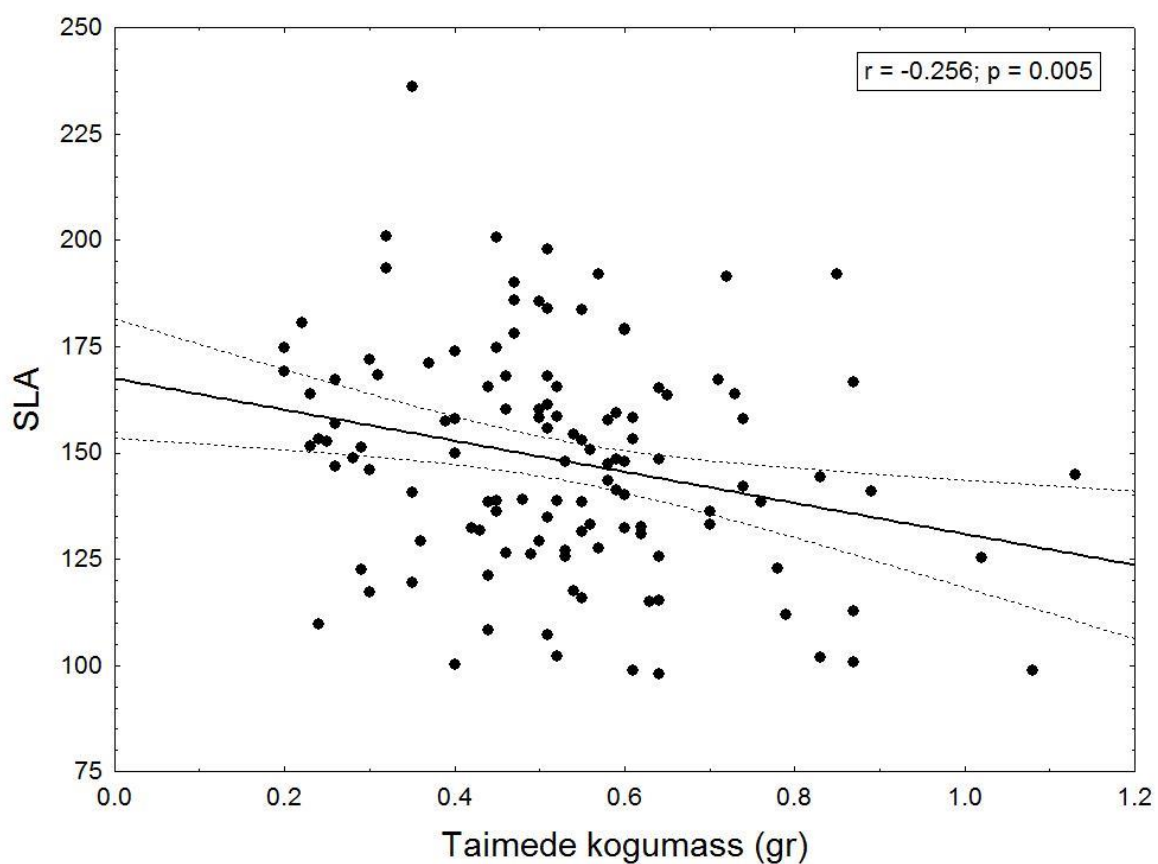


Seos ruudu üldkatvuse ja leherootsu pikkuse vahel on kergelt positiivne (joonis 10), mis tähendab, et alpi ristiku plastiline reaktsioon rohestu üldkatvuse suhtes on üsna nõrk ( $r^2=0,0341$ ;  $p=0,0454$ ).



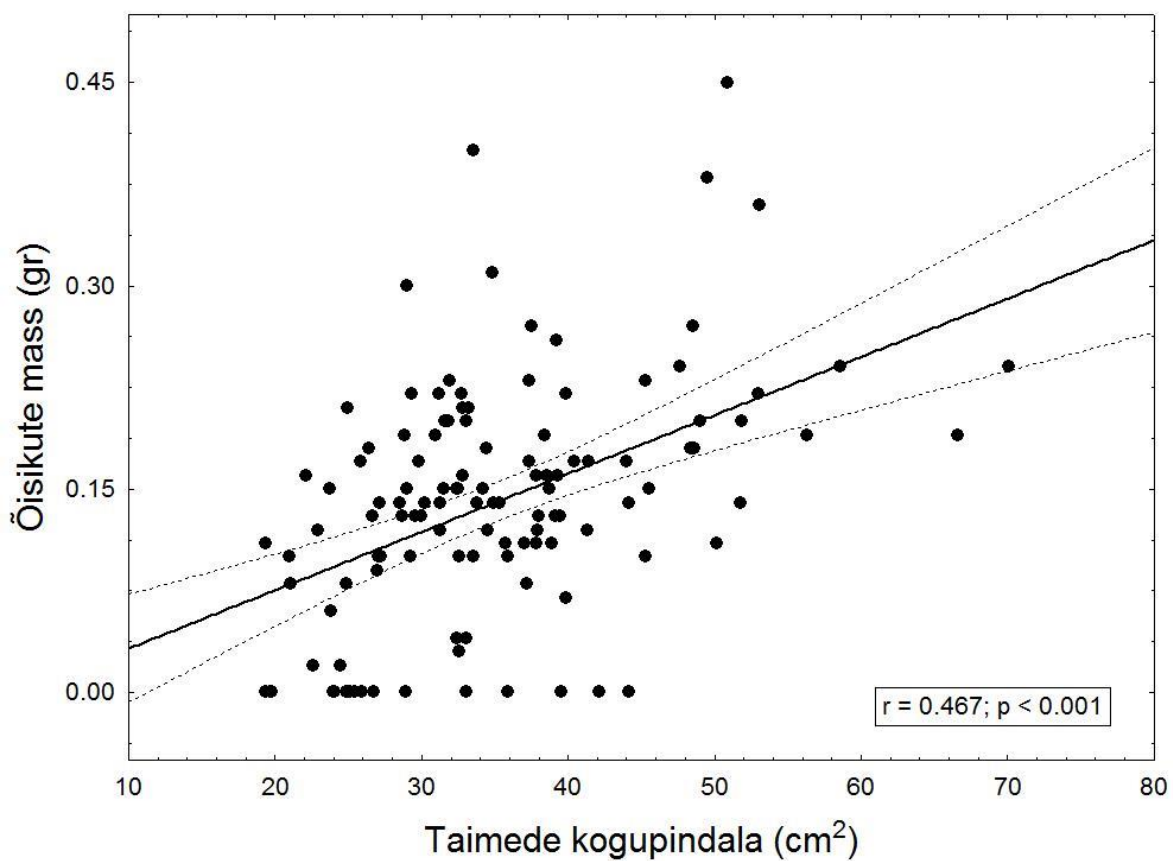
**Joonis 10.** Üldkatvuse ja leherootsu pikkuse vaheline seos (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Alljärgnev joonis (joonis 11).toob välja seose alpi ristiku taimede kogumassi ja lehe eripinna (SLA) vahel. Selgub, et mida suurem on taim, seda madalam on tema eripind ( $r = -0,256$ ;  $p = 0,005$ )



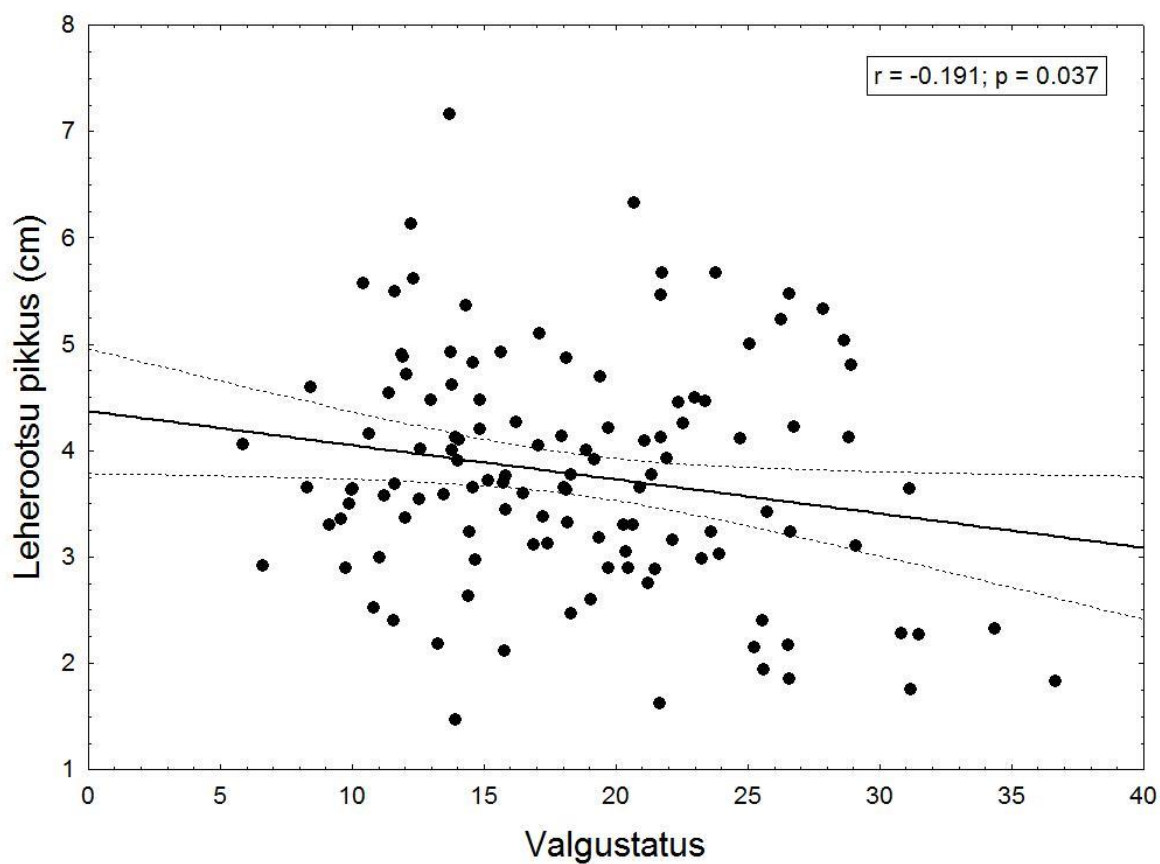
**Joonis 11.** Seos kogumassi ja lehe eripinna vahel (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Joonisel 12 on näidatud isendi kogupindala ja õisikute massi vahelist suhet. Õisikud on suuremad, kui taimel on rohkem fotosünteesivat pinda ( $r=0,467$ ;  $p<0,001$ ).



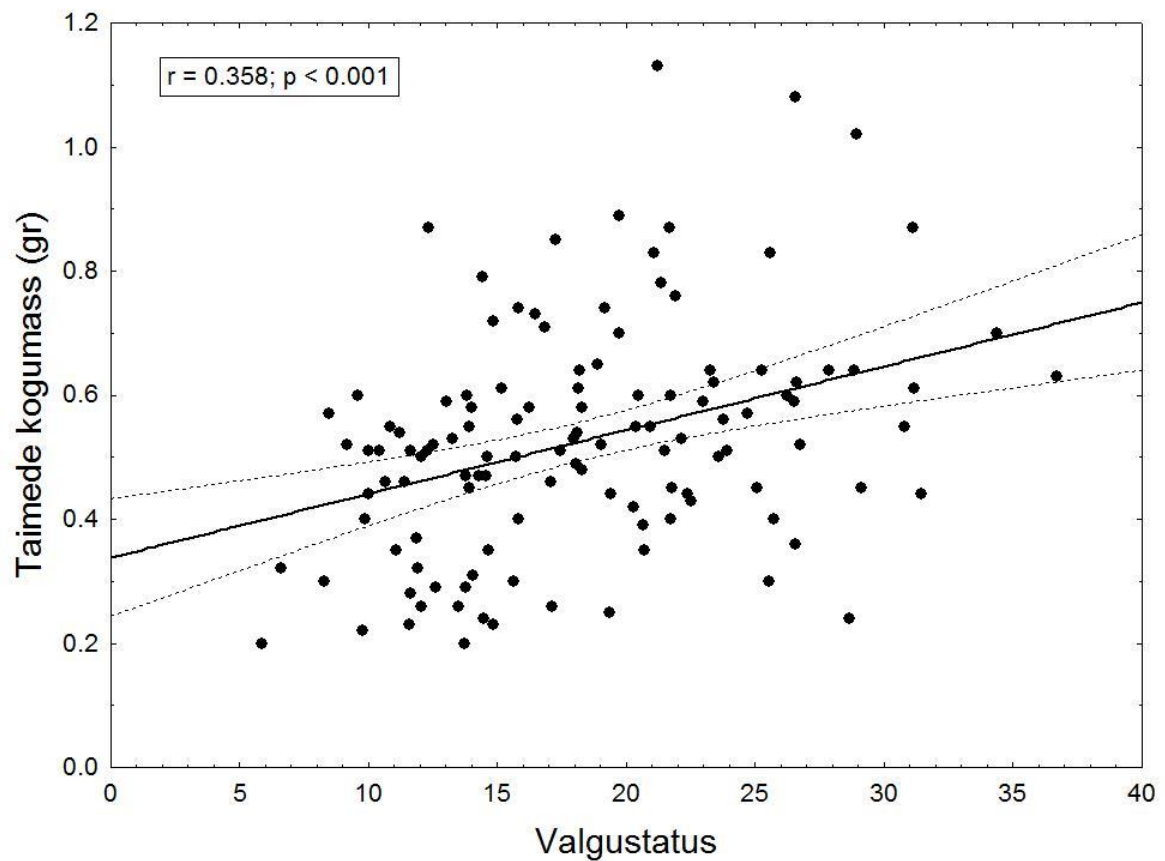
**Joonis 12.** Kogupindala seos õisikute massiga (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Joonis 13 kirjeldab leherootsu pikkuse sõltuvust valgustatusest (%). Selgub, et mida rohkem jõuab taimeni valgust, seda lühemad on leherootsud ( $r = -0,191$ ;  $p = 0,037$ ).



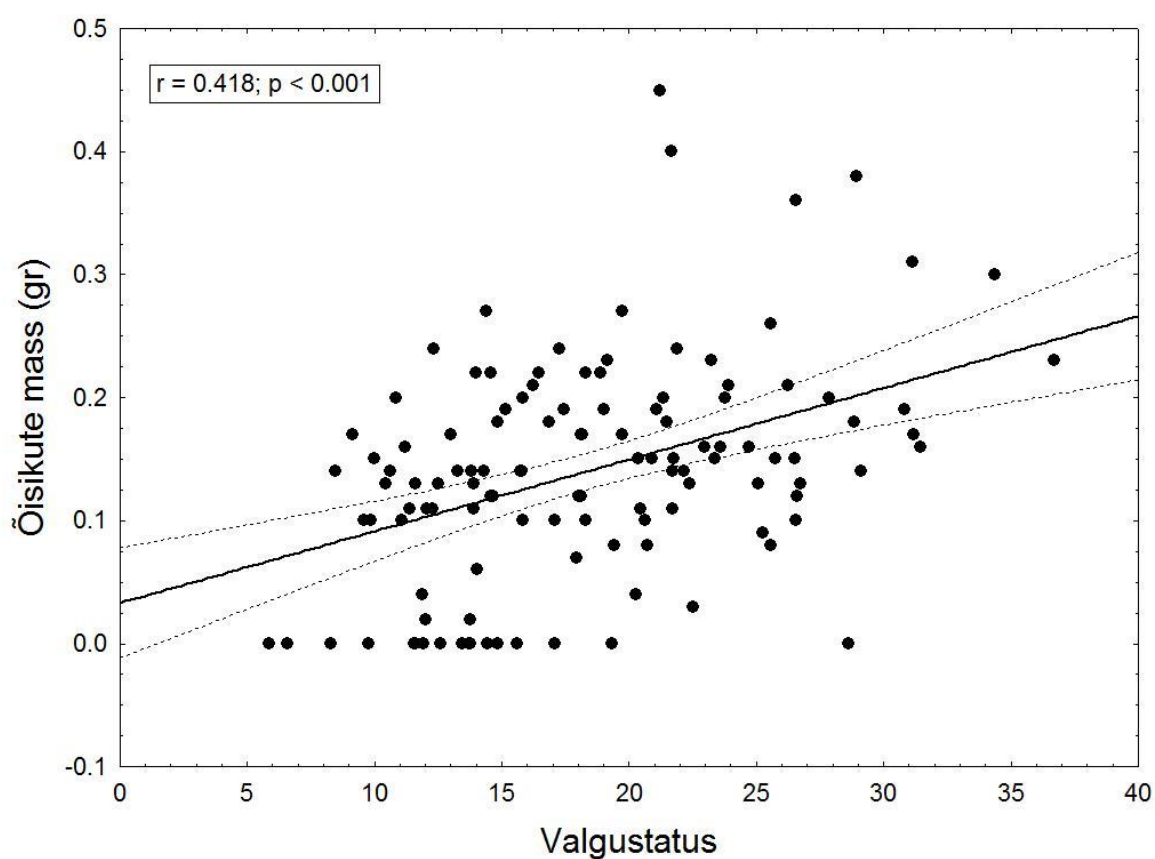
**Joonis 13.** Leherootsu pikkuse ja valgustingimuste vahel olev seos (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Joonis 14 näitab kuidas taime kogumass on seoses valgustingimustega. Nimelt on paremates valgustingimustes kasvavate taimede kogumass suurem kui varjus kasvavate taimede oma ( $r=0,358$ ;  $p<0,001$ ).



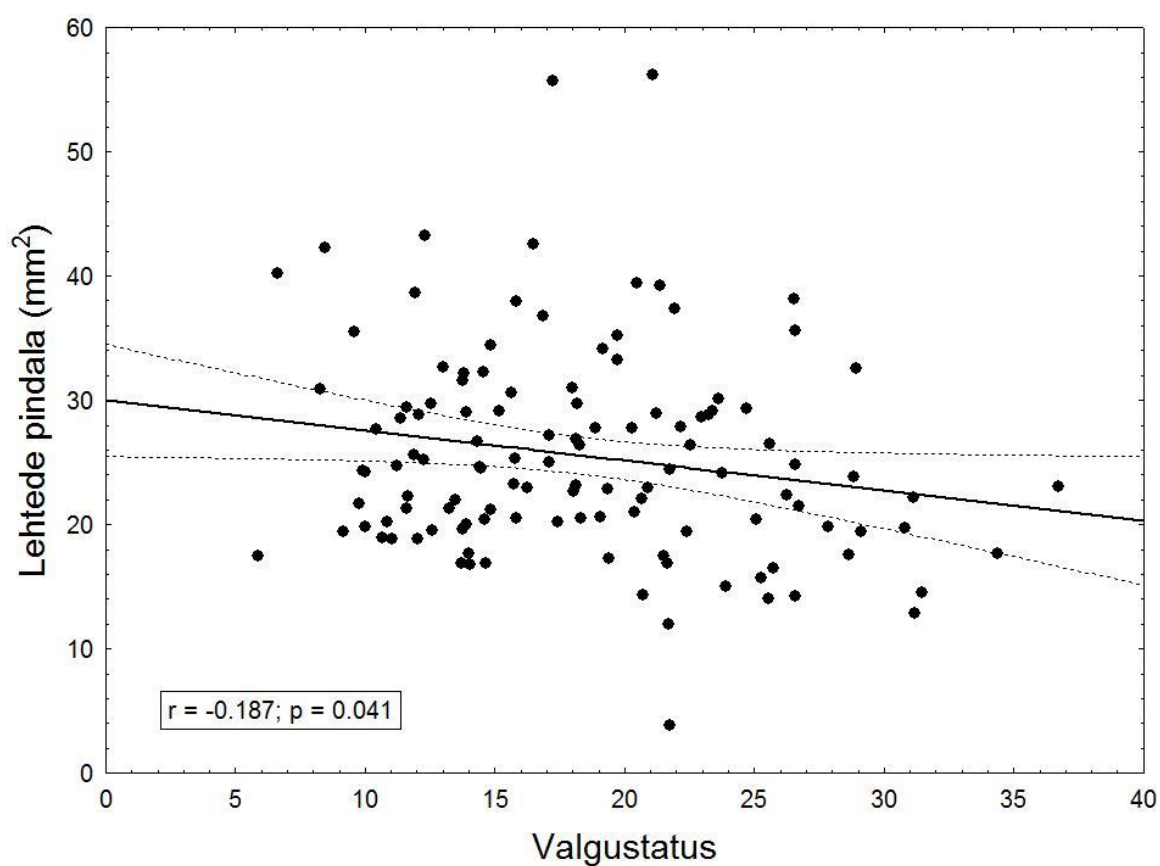
**Joonis 14.** Valgustingimuste ja kogumassi vaheline seos (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Joonis 15 toob välja seose valgustingimuste ning õisikute massi vahel. Tulemused näitavad, et paremate valgustingimuste puhul on õisikud oluliselt suuremad ( $r=0,418$ ;  $p<0,001$ ).



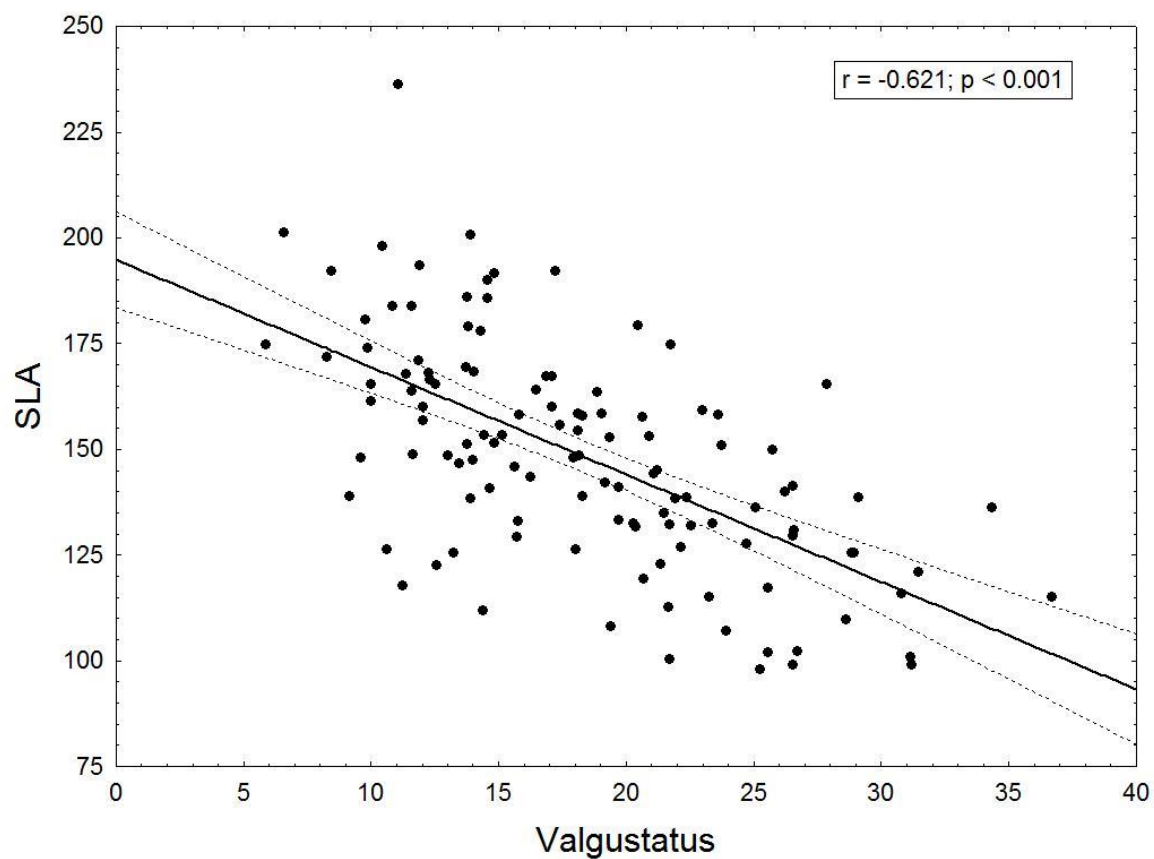
**Joonis 15.** Valgustingimuste ja õisikute massi vaheline seos (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Lehtede pindala ja valgustingimuste vahelist seost näitab joonis 16. Paremate valgustingimuste juures on vaja vähem fotosünteesivat pinda, ehk lehed on väiksemad ( $r = -0,187$ ;  $p = 0,041$ ) (vt joonis 16).



**Joonis 16.** Lehtede pindala ja valgustingimuste vaheline seos (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)

Joonisel 17 tuleb välja seos valgustingimuste ja SLA vahel. Paremate valgustingimuste korral on SLA väiksem ( $r = -0,621$ ;  $p < 0,001$ ).



**Joonis 17.** SLA ning valgustingimuste vaheline seos (vt joonis 5 täpsemaks joonise kirjelduseks)



## 6. ARUTELU

Analüüside tulemuste põhjal võib väita, et kõige enam tekitab Eesti kliima- ja loodustingimustes alpi ristikule stressi kasvukohtade vähene valgustatus. Erinevalt valgustatuse määra ei mõjutanud alpi ristikut oluliselt ümbritsev taimeistik ja selle omadused.

Lineaarsed regressioonanalüüsid näitasid, et ruudu liigirikkus on positiivses seoses ruudu üldkatvusega (joonis 6). Seos tuli välja ka üldkatvuse ja rohustu kõrguse vahel – mida suurem on ruudu üldkatvus, seda kõrgem on seal rohustu (joonis 5). Ootuspäraselt on ka alpi ristikud kõrgemad neis ruutudes, kus taimkate on keskel läbi kõrgem (joonis 9). Põhjus võib olla nii viljakamas mullas ja paremates kasvutingimustes kui ka taime reageerimisest valguskonkurentsile.

Välitööde tulemustele tuginedes võib väita, et mida liigirikkam ja suurema üldkatvusega on ruut, seda pikemad on taimede leherootsud (joonis 7; joonis 10). Ehk mida vähem jõuab taimeni valgust, seda pikemad on leherootsud. Kuna leheroots on üks kõige plastilisemaid tunnuseid rohttaimedel, mille abil reguleeritakse valguse kättesaadavust, on see seos ootuspärane. Kirjanduse andmetel on alpi ristik valguslembene liik, näiteks Ellenbergi valguse väärtarv on alpi ristikul 7 (Ellenberg *et al.* 1991), mis viitab tugevale valguslembusele. Võib eeldada, et taimed on nii stressis, et ei suuda oma lehti „õigeks“ seada ehk valgusele eksponeerida.

Paremate valgustingimustega populatsioonides (nt populatsioon HA) ilmneb vastupidine seos – mida rohkem jõuab taimeni valgust, seda lühemad on leherootsud (vt tabel 1, tabel 2, joonis 13). Soodsates valgustingimustes kasvav taim ei pea valguseni ulatumiseks oma leherootsusi pikaks kasvatama. Ka lehe pinna suurus on mõjutatud valgustingimustest – soodsamate valgustingimuste juures on vaja vähem fotosünteesivat pinda ning seetõttu saavad taimed suunata ressursi kohe sugulisse paljunemisse (vt joonis 16).

Taime fotosünteesilise võimekuse hindamiseks lisasime analüüsi SLA ehk lehe eripinna, mis näitab kui paksud on taimelehed. Tulemustes selgus, et kõige tugevam seos ongi

valgustingimuste ja SLA vahel. Mida paremad on valgustingimused, seda väiksem on lehe eripind, seega on väiksem ka taime abiootiline stress (vt joonis 17). Kui vaadata taimede kogumassi ja lehe eripinna andmete vahelist seost, selgub, et mida suurem on taim, seda madalam on lehe eripind ehk seda väiksem on tema stress (joonis 14).

Lehe suurus väljendab eeldatavalt vastust keskkonnas olevale toitainestressile ning häiringutele. Lehed on küllaltki väikese pindalaga juhul, kui taimedel on kuuma-, külma-, põua või kiirgusestress (Cornelissen *et al* 2003). Mida suurem on lehe eripind, seda rohkem on taimed stressis. Suur ja õhuke leht on tüüpiline juhul, kui valgust on vähe ning taim püüab oma fotosünteesivat pinda maksimeerida, ehk mida pimedamas taim kasvab, seda õhemad on tema lehed (Cornelissen *et al* 2003). Näiteks LEDA andmebaasis (LEDA Traitbase 2017) on alpi ristikul mõõdetud SLA keskmiselt 11 m<sup>2</sup>/kg (kõigub 10-13,5 vahel), aga meil on see keskmiselt 14 m<sup>2</sup>/kg ning ulatub isegi 20 m<sup>2</sup>/kg-ni (joonis 17).

Võib väita, et valgustingimused mõjutavad ka taime kogumassi. Nimelt on paremates valgustingimustes kasvavate taimede kogumass suurem kui varjus kasvavate taimede oma (joonis 14).

Tuleb välja, et õisikud on suuremad, kui taimel on rohkem fotosünteesilist massi ehk kogupindala on suurem (vt joonis 12). See viitab suurele stressile, mis on tõenäoliselt tingitud jällegi valguse puudumisest, mis pärsib taimede paljunemist. Eeldatav seos oli ka õisikute massi ja valgustingimuste vahel – paremate valgustingimuste puhul on õisikud oluliselt suuremad (joonis 15).

Kokkuvõtvalt võib väita, et kehvad valgustingimused on peamine ökoloogiline tegur, mis piirab alpi ristiku levikut tema põhjapiiril ning tekitab kõige enam stressi. Valgustingimused mõjutavad lehe pindala ja lehe eripinna suurust, leherootsu pikkust, taimede kogumassi ning õisikute suurust ja massi. Kuna alpi ristik eelistab kasvada kuivades avatud või ka poolvarjulistes kasvukohtades, võib öelda, et Saaremaa lääneosa männikud tamme alusmetsaga ja metsaservad vastavad liigi kasvukohanõudlustele. Samas olles levikupiiril ning piiratud valgustingimustes võib liigil jääda puudu võimekusest kohanemaks muutuvates tingimustes. Seepärast on oluline taime kasvuks vajalike kasvukohtade ja valgustingimuste säilitamine, piirates kasvukohtades intensiivset metsamajanduslikku tegevust, ehitustegevust, vältida tallamist ja liigset võsastumist.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada, millised ökoloogilised tegurid piiravad alpi ristiku levikut tema leviala põhjapiiril ja tekitavad Eestis leiduvatel populatsioonidel kõige enam stressi.

Ökoloogiliste põhjuste teada saamiseks mõõdeti kuues populatsioonis alpi ristiku võsudel erinevaid funktsionaalseid tunnuseid. Keskenduti eelkõige tunnustele, mis on oluliselt seotud abiootilise ja biootilise keskkonnaga, milleks uuritavatel aladel olid valitud populatsioonide valgustatus ning taimestik (rohustu kõrgus, katvus, liikide arv) taimestik. Selgus, et kõige enam sõltuvad keskkonnast taime kõrgus, lehe eripind ja lehtede pindala.

Andmestiku koostamisel ja andmete analüüsimisel kasutati programme MS Excel 2013 ja Statistica 8 (StatSoft 2007). Seoste uurimiseks rakendati lineaarset regressioonanalüüsi.

Töö tulemustest selgus, et kehvad valgustingimused on peamine ökoloogiline tegur, mis piirab alpi ristiku levikut tema põhjapiiril ning tekitab kõige enam stressi. Ümbritsev taimestik töös uuritud alpi ristiku isendeid oluliselt ei mõjutanud. Tulemustest võib välja lugeda, et valgustingimused mõjutavad lehe pindala ja lehe eripinna suurust, leherootsu pikkust, taimede kogumassi ning õisikute suurust ja massi. Kehvade valgustingimuste puhul on taimel vaja rohkem fotosünteesivat pinda. Taim suunab oma energia pigem valgusele eksponeerimisele kui sugulisele paljunemisele. Seega võib väita, et valguse puudumine pärsib taimede paljunemist.

Olles levikupiiril ning piiratud valgustingimustes võib liigil jääda puudu võimekusest kohanemaks muutuvates tingimustes. Seepärast on oluline taime kasvuks vajalike kasvukohtade ja valgustingimuste säilitamine, piirates kasvukohtades intensiivset metsamajanduslikku tegevust, ehitustegevust, vältida tallamist ja liigset võsastumist.

## SUMMARY

In this bachelor thesis the populations of rare and protected species in Estonia – purple globe clover (*Trifolium alpestre* L.) is studied. This species grows in Estonia on the northern edge of its distribution area, and therefore it is both scientifically interesting and from the conservational point of view important to study its ecology. To find out these ecological factors, different functional traits were studied in six populations. The study concentrates on plant height, leaf area and specific leaf area (SLA) which are significantly associated with the abiotic and biotic environment. Co-occurring species abundance and enlightening were also measured.

To analyse the collected data programmes Statistica 8 (StatSoft 2007) and MS Excel 2013 were used. For studying relations between continuous variables linear regression was used.

Results show that the main limiting ecological factor is the lack of light inflow which causes stress. The studied *T. alpestre* individuals weren't significantly affected by surrounding vegetation. Results showed that the lightning conditions affected leaf size, the size of specific leaf area (SLA), petiole length, the total mass of plants, the size and the weight of the flowerhead. It revealed that in poor light conditions plants have thin leaves and large specific area. It can be argued that the absence of light inhibits the reproduction process.

Being at the edge of the distribution area and in limited light conditions the purple globe clover might not be able to adapt to changing environmental conditions. Therefore it is important to maintain the habitat conditions of populations by limiting intensive forestry and construction. It is also important to avoid intensive trampling and overgrowth of populations.

## KASUTATUD KIRJANDUS

Abeli, T., Gentili, R., Mondoni, A. 2014. Effects of marginality on plant population performance. – *Journal of Biogeography*, 41, 239-249.

Csergő, A.-M., Molnár, E., García, M. B. 2010. Dynamics of isolated *Saponaria bellidifolia* Sm. populations at the northern range periphery. – *Population Ecology*, 53, 393 – 403.

Coombe DE. 1968. *Trifolium* L. In: Tutin TG, Heywood VH, Burges NA et al., eds. *Flora Europaea* vol. 2. Cambridge: Cambridge University Press, 129-136.

Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garneir, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., ter Steege, H., Morgan, H.D., van der Heijden, M.G.A, Pausas, J.G., Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335-380.

Díaz, S., Kattge, J., Cornelissen, J. H., Wright, I. J., Lavorel, S., Dray, S., ... & Garnier, E. (2016). The global spectrum of plant form and function. *Nature*, 529(7585), 167-171.

Eesti eElurikkuse andmebaas

[[http://elurikkus.ut.ee/kirjeldus.php?lang=est&id=7991#lk\\_desc](http://elurikkus.ut.ee/kirjeldus.php?lang=est&id=7991#lk_desc)] (30.03.2017)

Eesti taimede uue levikuatlase tööversioon. Pärändkoosluste Kaitse Ühing. [<https://otluuk.github.io/atlas/>] (30.03.2017)

Eicwald, K., Kask, M., Talts, S., Vaga, A., Varep, E. 1959. Eesti NSV Floora III. Tallinn: Eesti riiklik kirjastus. 536 lk.

Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. et Paulisen, D. 1991.

Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18: 1- 248.

Garnier, E., Shipley, B., Roumet, C., & Laurent, G. 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional ecology*, 15(5), 688-695.

Hampe, A., & Petit, R. J. 2005. Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology letters*, 8(5), 461-467.

Kaljud, K., Leht, M., Jaaska V. käsikiri. Low seed production in populations of *Trifolium alpestre* with a high genotypic diversity and a spatial clonal structure. (käsikiri on saadetud ajakirja Nordic Journal of Botany).

Kukk, T. 1999. Eesti taimestik. Tartu – Tallinn: Teaduste Akadeemia Kirjastus. 464 lk.

Kull, T. Ilu ja valu levila piiril. – *Schola Biotheoretica XLI – Piiride teooria*. Lk 55-60

Lauber, K., Wagner G., Gygax, A. 2012. Flora Helvetica. Flora der Schweiz, 5., vollständig überarbeitete Auflage, Haupt Bern, 1656 S.

Lomolino, M. V., Channell, R. 1995. Splendid isolation: patterns of geographic range collapse in endangered mammals. *J. Mammol.* **76**, 335–347

McGill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in ecology & evolution*, 21(4), 178-185.

Parsons, P., A. 1991. *Evolutionary Rates: Stress and Species Boundaries*. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol. 22. pp 1-18

Peratoner, G., Joergensen. R., G., Spatz., G. .2007. Growth of *Trifolium alpinum*: Effects of soil properties, symbionts and pathogens. Ecological Engineering. Elsevier. 349–355

Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., ... & Urcelay, C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of botany*, 61(3), 167-234.

Primack, R.B., Kuresoo, R., Sammul, M. 2008. Sissejuhatus looduskaitsebioloogiasse. Eesti Loodusfoto, Tartu, 416 lk.

Regent Instruments INC. 2004. WinScanopy. For Hemispherical Image Analysis. [[www.regentinstruments.com](http://www.regentinstruments.com)]

Rothmaler, W., Jäger, E., J., 2011. Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband Gebundene Ausgabe. 944 lk.

Sexton, Jason P., Patrick J. McIntyre, Amy L. Angert, and Kevin J. Rice. "Evolution and ecology of species range limits." *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40 (2009): 415-436.

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.

[[www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).]

Tabaka, L., Krall, H., Jankevičienė, R. 1966. Perekond ristik. – Rmt: Kuusk, V., Tabaka, L., Jankevičienė, R. (koost). Flora of the Baltic countries. Tartu: Eesti Loodusfoto AS. 405 lk.

Talts, S., Kask, M., Vaga, A. 1966. Eesti taimede määraja. Tallinn: Valgus. 1187 lk.

The LEDA Traitbase: A database of life-history traits of Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96: 1266-1274. [<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2008.01430.x/abstract>] (09.05.2017)

Väljaots, P. 2008. Liikide funktsionaalsed tüübid. Bakalaureusetöö. Tartu. 31 lk.

Wilson, P. J., Thompson, K. E. N., & Hodgson, J. G. (1999). Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New phytologist*, 143(1), 155-162.

**LISAD**



**Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Keili Sikk,

sünniaeg 02.11.1994

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Alpi ristiku (*Trifolium alpestre* L.) populatsioonid Eestis: Stressirikas elu levikupiiril,

mille juhendajad on Karin Kaljund ja Lauri Laanisto,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, *Kuupäeva sisestamiseks klõpsake siin.*

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)